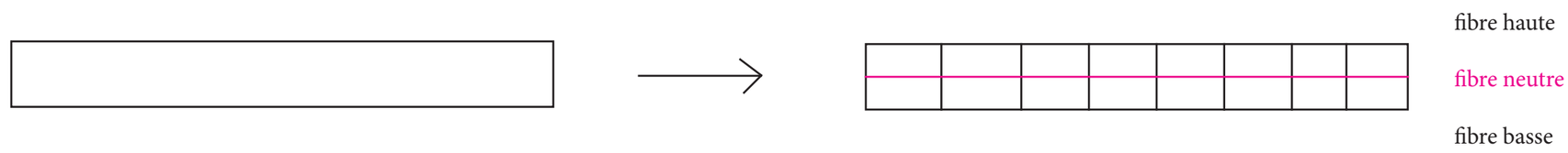
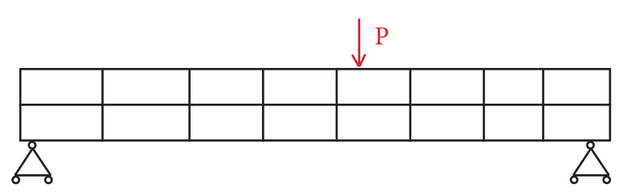
I - PRÉSENTATION DU PHÉNOMÈNE :

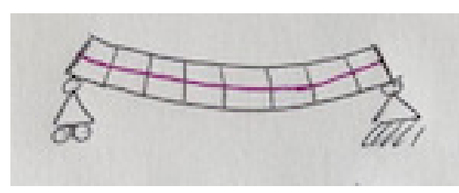
LE MOMENT FLÉCHISSANT

Lorsqu'un élément structurel repose sur un ou plusieurs appuis, sa matière réagi sous son poids.
On peut représenter un élément structurel comme une succession de petits éléments encastrés les uns avec les autres.

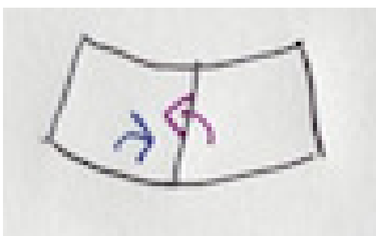


Des réactions apparaissent entre chaque petits éléments assurant la cohésion de l'ensemble.
Une de ces réaction est le moment fléchissant. Il est directement lié à la flexion d'une poutre.





Dans le cas d'une poutre chargée la fibre haute sera en compression et la fibre basse en traction. Une rotation est crée dans la matière.



Chaque section tourne pour rester en cohésion avec sa voisine: c'est le moment fléchissant.

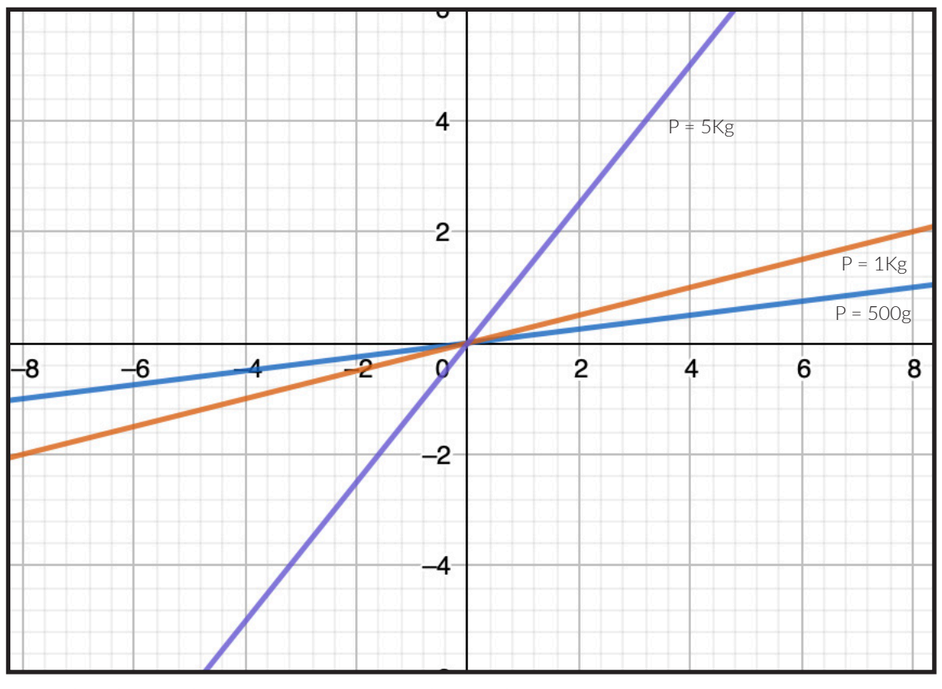
Lorsqu'une poutre est sur 2 appuis et chargée en son centre le moment fléchissant vaut :

Mf = P.L / 4

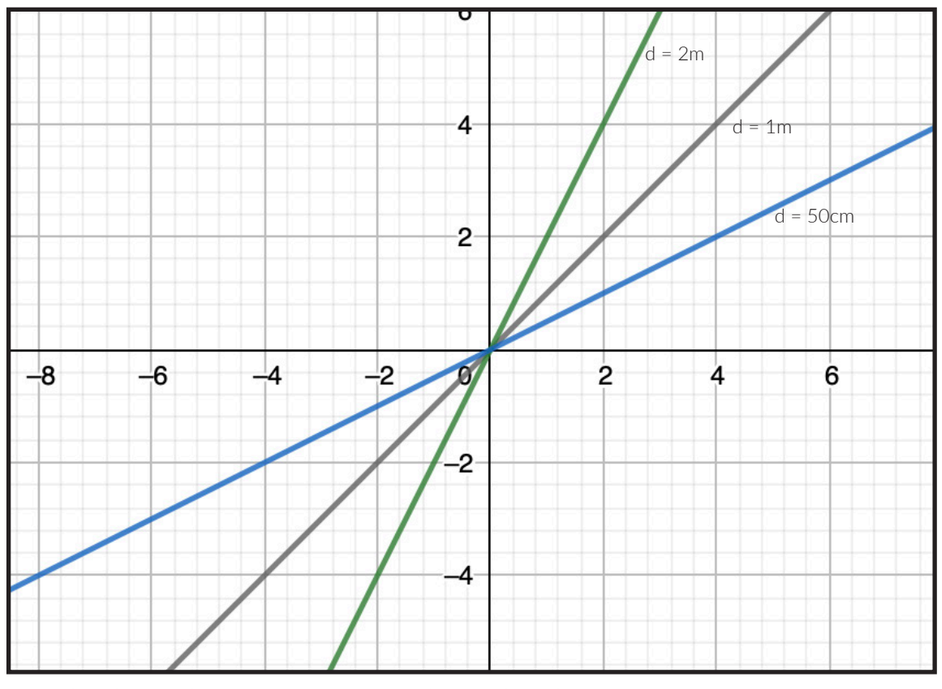
Dans le cas d'une console chargée à son extrémité, le moment renversant vaut :

Mr = P x d

Egalement, si la distance entre les appuis et / ou le poids augmente, le moment augmentera aussi. Cela montre l'importance d'avoir des éléments structurels bien dimensionnés avec une portée raisonnable pour ne pas avoir trop de déformation. Cela va être illustré dans les différents cas du dispositif.



Evolution de Mf en fonction de P



Evolution de Mr en fonction de d

Ocyane Hamon, Gauthier Gunter , Hichem Mezemate, Emma Letinaud , Maureen Doux, Hugo Hannequin, Laura Martinez, Maxence Frisson et Sophie Delcombel

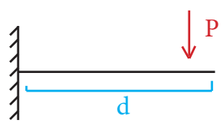
II - EXPLICATION DU DISPOSITIF :

LE MOMENT FLÉCHISSANT

La matière réagit donc différemment en fonction de ses appuis et de la distances entre eux.
Nous allons donc tester differents types de structures afin de comprendre comment ce manifeste le moment fléchissant dans la matière.

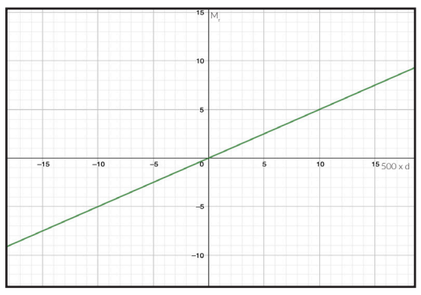
CAS 1 : LA CONSOLE

Un porte à faux est un élément assez habituel dans l'architecture, mais que ce passe i-il dans sa matière ?



On a une barre et un encastré :
h = i - n = 3 - 3 = 0
Notre console est isostatique

* Un moment de rotation de valeur M_r = P x d apparait

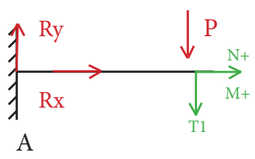


Mais que ce passe t-il à l'intérieur de la poutre ?

Nous réalisons un coupe imaginaire de la console et appliquons le PFS

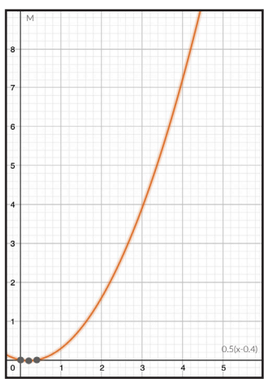
*au niveau de la console :

$\Sigma Fy = Ry - P = 0$ ===> $Ry = P$
$\Sigma Fx = Rx = O$
$\Sigma M_A = - P \times d + Mr$ ===> $Mr = Pd$



* Au niveau de la matière

$\Sigma Fx = N + Rx = 0$ ==> $N = 0$
$\Sigma Fy = Ry - T = 0$ ===> $Ry = T = P$
$\Sigma M_A = M + Mz - T \times X = 0$
$M = - Mz + T \times X$
$M = Pxd + P \times X$
$M = P(x-d)$



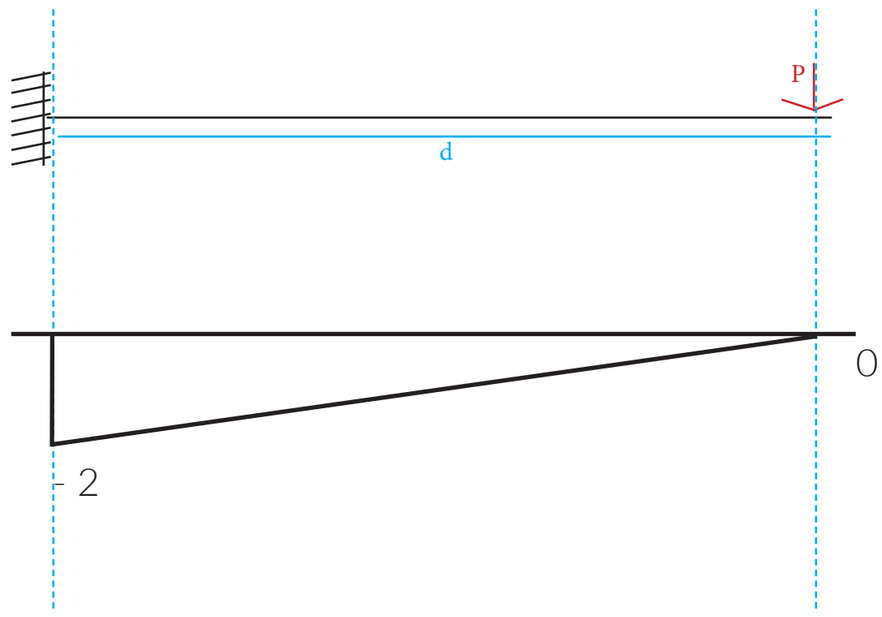
On remarque que plus on s'éloigne de l'encastrement plus le moment fléchissant diminue.

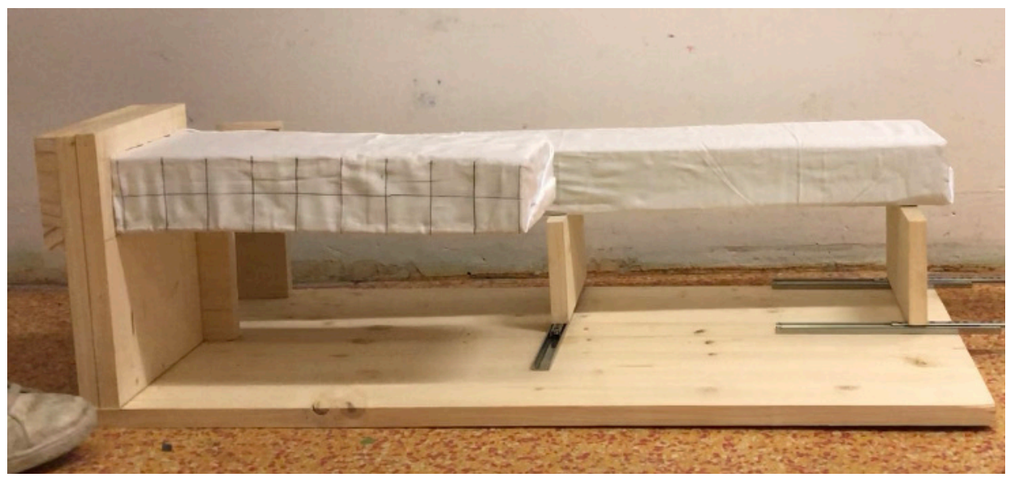
Sur la maquette :

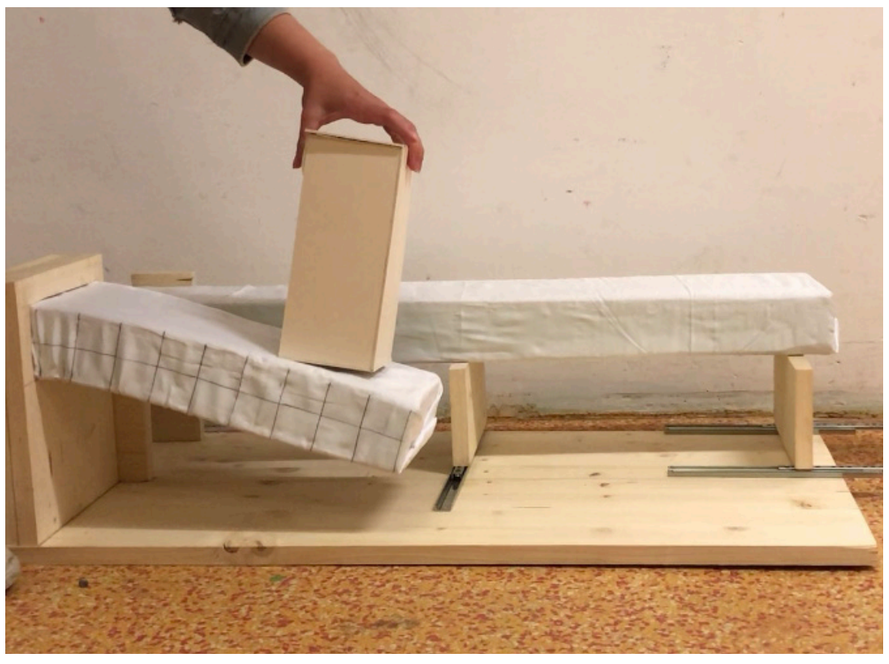
d = 40cm P = 500g N = 0 N T = 5 N

$M = 0,5(x - 0.4)$ $M_{(x=0)} = - 2$ N $M_{(x=0.4)} = 0$ N

Diagramme des moments







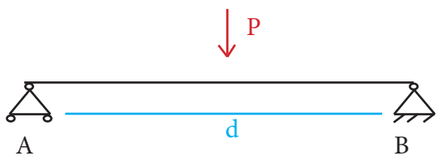
Ocyane Hamon, Gauthier Guntermann , Hichem Mezemate, Emma Letinaud , Maureen Doux, Hugo Hannequin, Laura Martinez, Maxence Frisson et Sophie Delcombel

II - EXPLICATION DU DISPOSITIF :

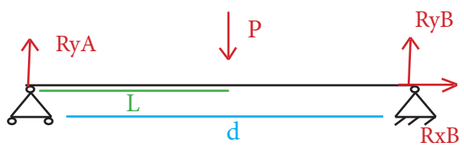
LE MOMENT FLÉCHISSANT

CAS 2 : LA POUTRE SUR 2 APPUIS

* un appuis simple et une rotule



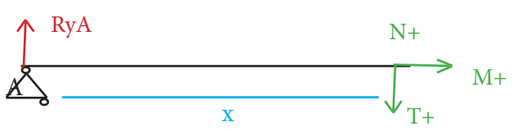
h = i - n = (2 + 1) - 3 = 0
Notre structure est isostatique



* Calcul des réactions aux appuis :
$\Sigma Fy = RyA + RyB - P = 0$
$\Sigma Fx = RxB = 0$
$\Sigma M_A = - P \times L + RyB \times d = 0$ ==> $RyB = PL / d$
d'où $RyA = P(d-L) / d$

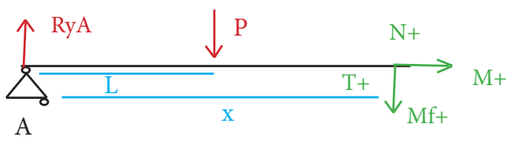
Maintenant, étudions les réactions internes :

Tronçon 1 : x<d/2



$\Sigma Fx = N_1 = 0$
$\Sigma Fy = RyA - T_1 = 0$ ===> $T_1 = RyA$
$\Sigma M_A = Mf - T \times X = 0$
$Mf_1 = T.X$

Tronçon 2 : x>d/2



$\Sigma Fx = N_2 = 0$
$\Sigma Fy = RyA - P - T_2 = 0$
$T_2 = RyA - P = -PL / d$
$\Sigma M_A = M_2 - T_2x - PL = 0$
$M_2 = T_2X \times PL = PL (1 - x / d)$

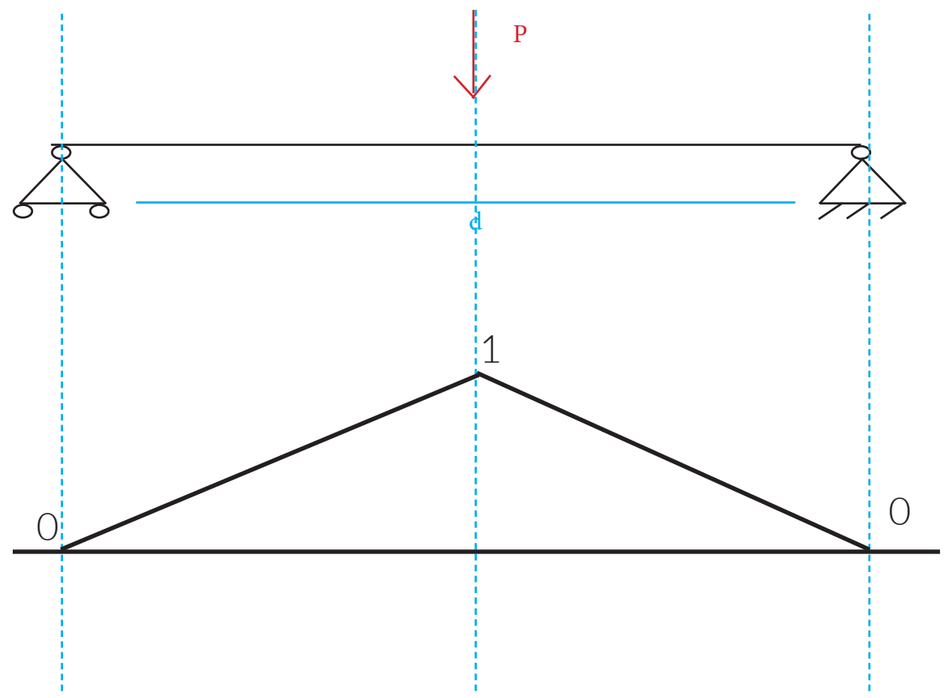
Sur la maquette :

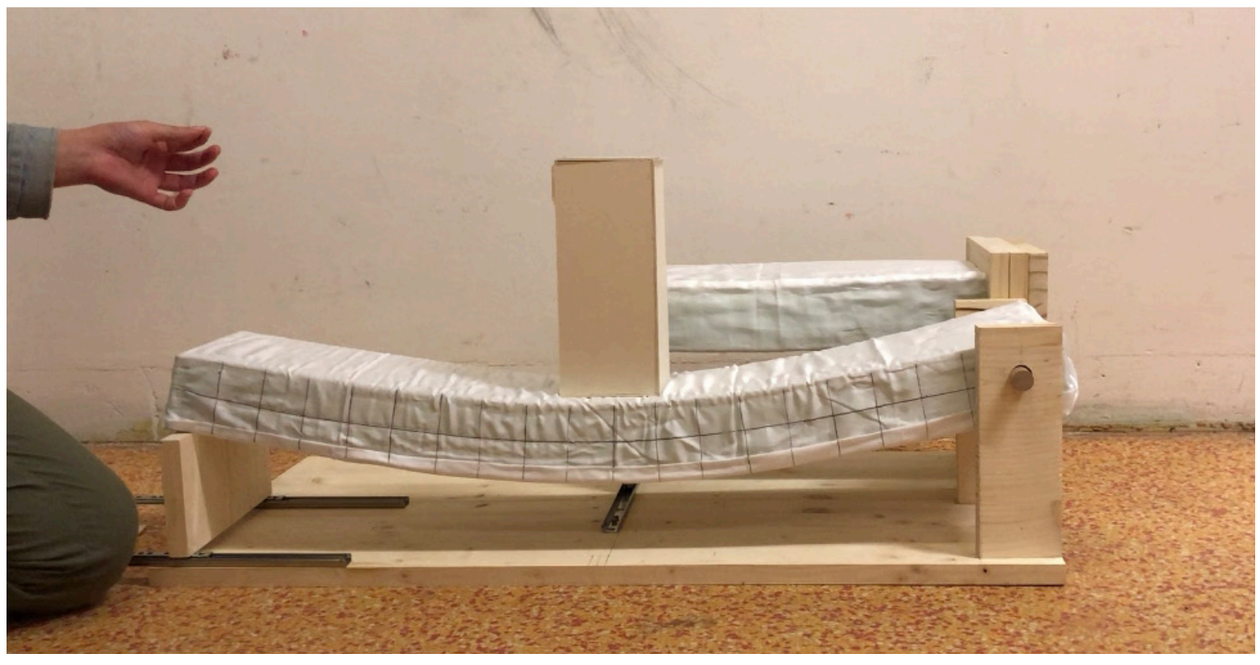
d = 80cm P = 500g N = 0 N T_1 =2,5 N

T_2 = -2,5 N $M_{(x=0)}$ = 0 N $M_{(x=0.4-)}$ = 1 N

$M_{(x=0.4+)}$ = 1 N $M_{(x=0.8)}$ = 0 N

Diagramme des moments



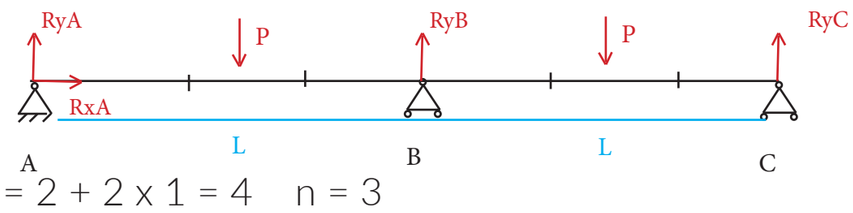


III - EXPLICATION DU DISPOSITIF :

LE MOMENT FLÉCHISSANT

CAS 3 : POUTRE SUR 3 APPUIS

* entre une rotule et deux appuis simples.



$i = 2 + 2 \times 1 = 4 \quad n = 3$

$h = i - n = 1$ ==> Hyperstatique.

PFS :

$\Sigma Fy = RyA + RyB + RyC - 2P = 0$

Par symétrie on a $RyA = RyC$

$\Sigma Fx = RxA = 0$

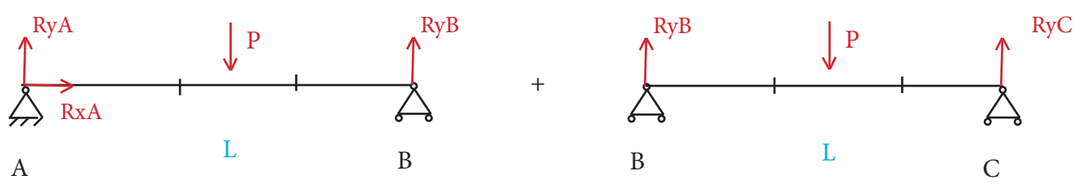
Equation des 3 moments :

$L.M_A + 2(L+L).M_B + M_C.L = -6\,EI\,(\varphi_g + \varphi_d)$

$-6EI\,\varphi_g = -6EI\,\varphi_d = -3/8\,PL^2$

D'où : $4LM_B = 2.(-3/8PL^2) \Rightarrow M_B = -3/16PL$

Décomposition



PFS à gauche :

$R_A + R_{Bg} - P = 0$

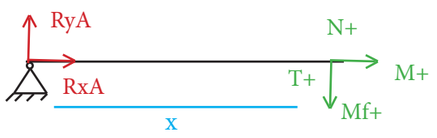
$-PL/2 + L.R_{Bg} + M_B = 0 \quad \Rightarrow R_{Bg} = -M_B/L + P/2 = 11/16.P$

$R_A = -B_{Bg} + P = P.(1-11/16) = 5/16.\,P$

Par symétrie on a $R_A = R_C = 5/16.\,P$

et $R_{Bg} = R_{Bd} = 11/16.P \Rightarrow R_B = 22/16.P$

Tronçon 1 : x <L/2



$\Sigma Fx = RxA + N = 0 \Rightarrow N = 0$

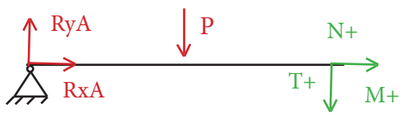
$\Sigma Fy = RyA - T = 0$

$RyA = T = 5/16.\,P$

$\Sigma M_A = -T \times X + M = 0$

$M = 5/16.\,P \times X$

Tronçon 2 : L/2 < x < L



$\Sigma Fx = RxA + N = 0 \Rightarrow N = 0$

$\Sigma Fy = RyA - P - T = 0$

$= 5/16.\,P - P - T = 0$

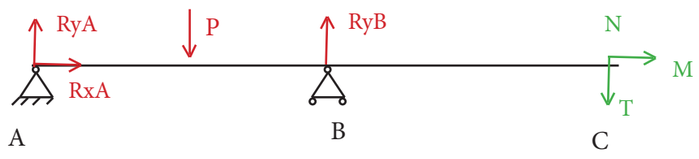
$\Leftrightarrow T = -11/16\,P$

$\Sigma M_A = -PL/2 - T\,x + M = 0$

$M = PL/2 - 11/16\,PX$

$= P(L/2 - 11/16.X)$

Tronçon 3 : L < x < 3L/2



$\Sigma Fx = RxA + N = 0$

$\Leftrightarrow N = 0$

$\Sigma Fy = RyA - P + RyB - T = 0$

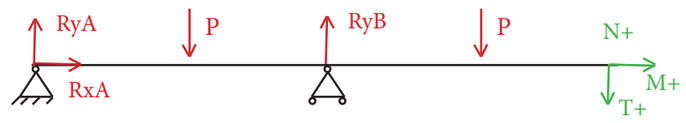
$= 5/16.\,P - P + 22/16.P - T = 0 \quad \Rightarrow T = 11/16\,P$

$\Sigma M_A = -P \times L/2 + RyB \times L - T \times X + M = 0$

$\Leftrightarrow PL/2 - 22/16.PL + 11/16Px = M$

$\Leftrightarrow -7/8\,PL + 11/16\,Px = P(11/16x - 7/8L) = M$

Tronçon 4 : 3L/2 < x < 2L



$\Sigma Fx = RxA + N = 0 \Leftrightarrow N = 0$

$\Sigma Fy = RyA - P + RyB - P - T = 0$

$= 5/16.\,P - P + 22/16.P - P - T = 0$

$\Leftrightarrow -5/16\,P - T = 0 \Leftrightarrow T = -5/16P$

$\Sigma M_A = -P \times L/2 + RyB \times L - Px\,3L/2 - TX + M = 0$

$= -PL/2 + 22/16.PL - 3PL/2 + 5/16Px + M = 0$

$\Leftrightarrow 5/8PL - 5/16\,Px = M$

$\Leftrightarrow P(5/8L - 5/16X) = M$

Sur la maquette :

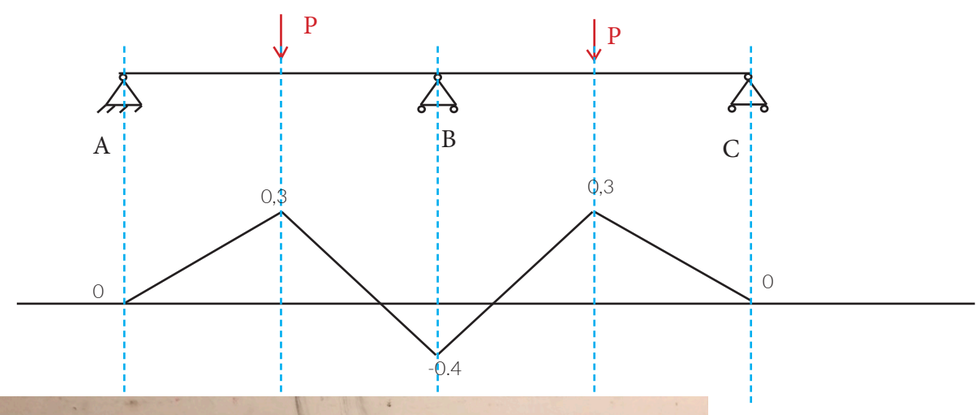
$L = 40cm \quad P = 500g = 5\,N \quad N = 0\,N \quad T_1 = -T_4 = 1{,}6\,N$

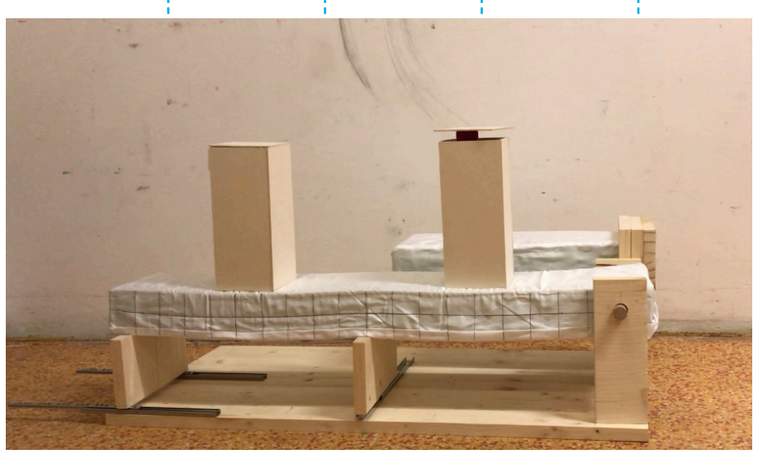
$T_2 = -T_3 = -3.4\,N \quad M_{(x=0)} = 0\,N \quad M_{(x=0.2-)} = 0.3\,N$

$M_{(x=0.2+)} = 0.3\,N \quad M_{(x=0.4-)} = -0.4\,N \quad M_{(x=0.4+)} = -0.4\,N$

$M_{(x=0.6-)} = 0.3\,N \quad M_{(x=0.6+)} = 0.3\,N \quad M_{(x=0.8)} = 0\,N$

Diagramme des moments

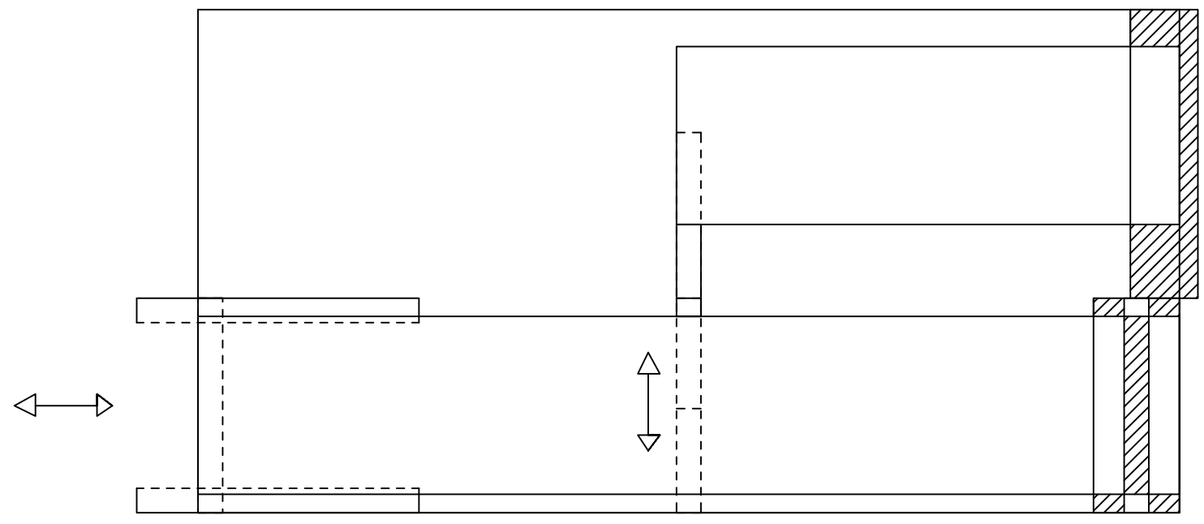




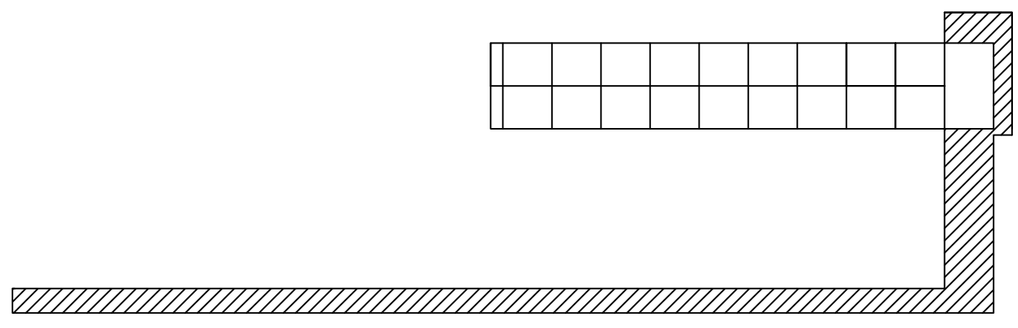
Ocyane Hamon, Gauthier Gunter , Hichem Mezemate, Emma Letinaud , Maureen Doux, Hugo Hannequin, Laura Martinez, Maxence Frisson et Sophie Delcombel

III - PLAN/COUPES DU DISPOSITIF:

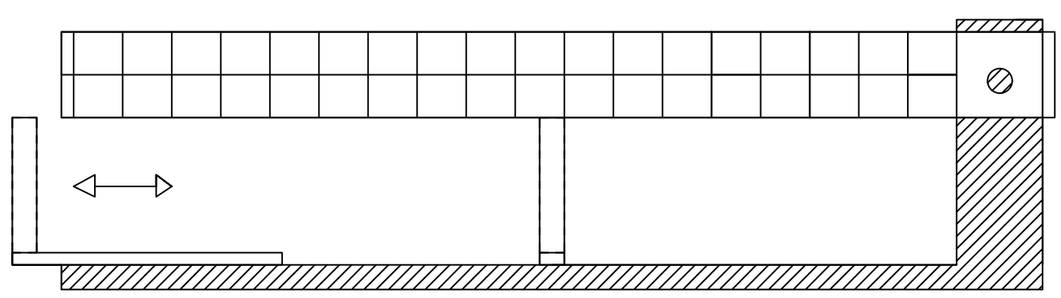
LE MOMENT FLÉCHISSANT



Plan

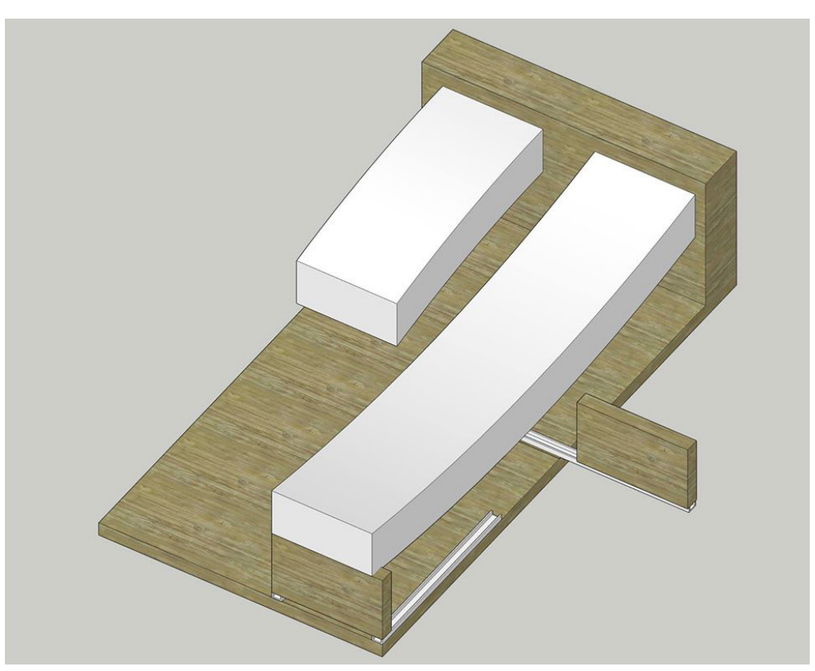


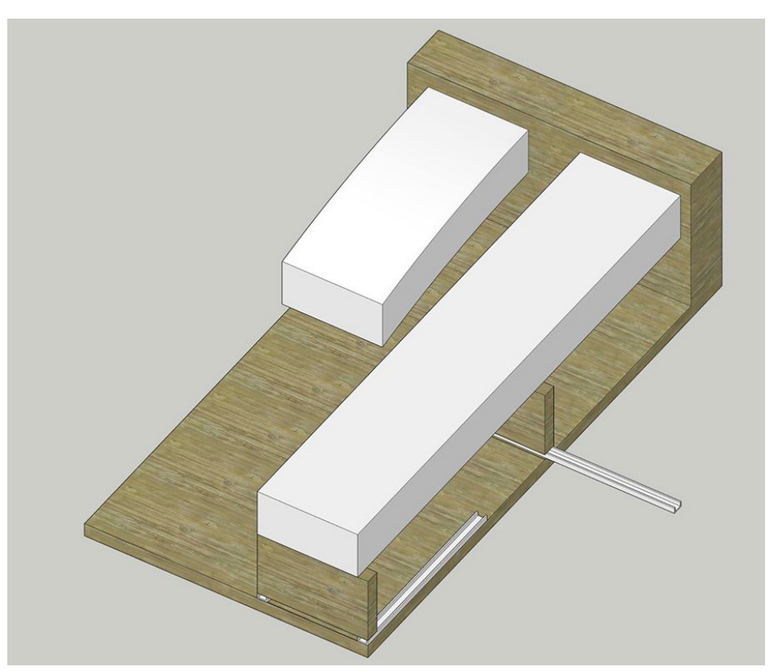
Coupe 1

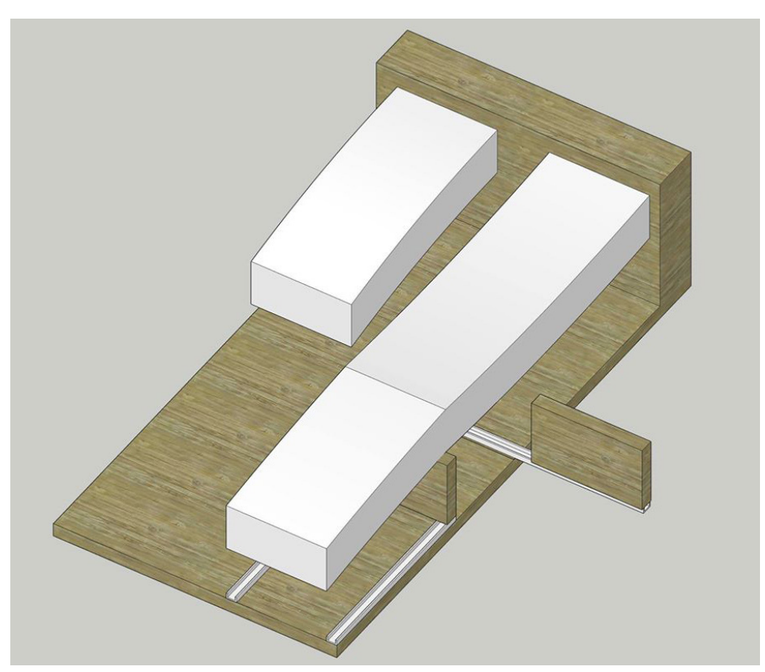


Ech 1/500

Coupe 2







3D de la maquette

Ocyane Hamon, Gauthier Gunter , Hichem Mezemate, Emma Letinaud , Maureen Doux, Hugo Hannequin, Laura Martinez, Maxence Frisson et Sophie Delcombel

LISTE MATÉRIEL POUR LA MAQUETTE

POUR LE SYSTÈME

- PLANCHES EN BOIS
- CYLINDRE BOIS
- MOUSSE VEGET
- RODOID 0,1MM
- TISSU BLANC
- FEUTRES
- RAILS MÉTALLIQUES
- VIS

POUR LES POIDS

- CARTON BOIS 0,2MM
- BOUTEILLES D'EAU, 50CL , 50CL, 25CL, 1L

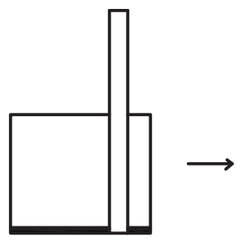
NOTICE

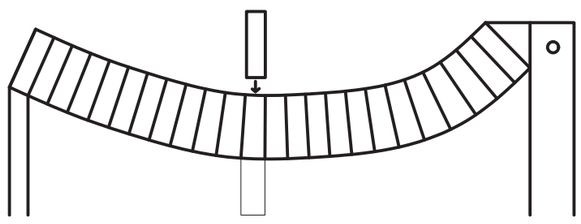
Nous avons choisi d'utiliser des planches en bois pour effectuer le socle de la maquette, sur laquelle vient se positionner des planches à la verticale pour supporter le système.
Le premier système du moment fléchissant que nous avons voulu montrer est celui de la console, pour ce faire nous avons encastré la mousse dans les planches verticales en bois qui sont fixées sur le socle en bois.
Nous avons décidé de recouvrir la mousse d'un tissu blanc, afin de la rendre plus esthétique et pour y marquer au feutre une trame qui permettrait de voir le moment fléchissant. Nous avons par la suite, réalisé une bande en Rodoid également tramée qui elle resterait à l'horizontale afin de mieux visualiser les différents efforts, et moment. Nous avons également réalisé un poids en formant un pavé droit en carton bois afin d'y glisser une bouteille de 50cL.

PROCESSUS :
PREMIÈRE ÉTAPE : visualiser la trame
DEUXIÈME ÉTAPE : mettre le poids à l'extrémité
TROISIÈME ÉTAPE : constater le moment fléchissant

Le deuxième système, est celui de la poutre sur deux appuis le principe est le même, une rotule est présente et est faite d'un cylindre en bois placé dans les planches verticales et dans la mousse permettant une rotation. La première planche verticale est fixe, tandis que celle qui se situe à l'extrémité du socle est positionner sur des rails ce qui permet d'avoir une distance plus ou moins importante. La mousse est également recouverte d'un tissu blanc marqué au feutre par une trame permettant de constater la déformation de la mousse. Nous avons toujours ce même principe avec le rodoid tramé permettant de constater le moment fléchissant.Un poids en carton bois est présent afin de faire fonctionner le tout.

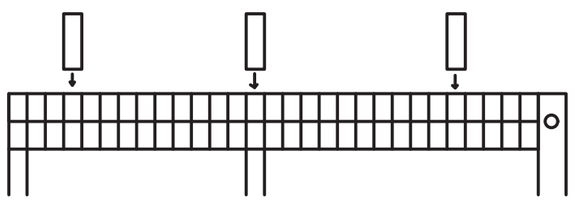
PROCESSUS :
PREMIÈRE ÉTAPE : régler la distance de la planche verticale sur rail
DEUXIÈME ÉTAPE : visualiser la trame
TROISIÈME ÉTAPE : mettre un poids au centre de la mousse
QUATRIÈME ÉTAPE : constater le moment fléchissant





Pour le dernier système, on étudie la poutre sur trois appuis, toujours dans cette même optique, nous réutilisons le système n°2 auquel on vient ajouter une planche verticale au centre qui vient soutenir la mousse. Cette planche verticale est montée sur des rails, ce qui permet de la décaler lorsque nous n'en avons pas l'utilité (pour le cas n°2). Cette fois ci, nous avons décidé de fabriquer deux poids, un de chaque côté de la planche verticale située au centre du système, toujours à l'aide de carton bois et de bouteilles d'eau afin de constater cette fois ci, deux moments fléchissant en même temps.

PROCESSUS :
PREMIÈRE ÉTAPE : faire glisser sur le rail la planche verticale afin de mettre en place le système
DEUXIÈME ÉTAPE : visualiser la trame
TROISIÈME ÉTAPE : mettre un poids de part et d'autres de la planche verticale
QUATRIÈME ÉTAPE : constater le moment fléchissant



Conclusion :

Avec ce dispositif nous pouvons voir les différentes réactions de la matière en fonction des appuis et du poids qu'elle supporte. Aussi, dans le cas de la console et de la poutre sur 2 appuis la portée est assez grande et on peut voir le phénomène de moment fléchissant avant même de mettre de poids sur la poutre. Dans le cas de la poutre sur 3 appuis, même avec une charge de 500g le moment fléchissant est peu visible. Ces différences expliquent bien le phénomène et l'influence du poids et de la portée.

Pour allez plus loin nous aurions pu calculer et prévoir la déformation du matériau de la poutre. Nous aurions pu ainsi comparer la deformation en fonction du poids, de la portée et du matériau.

Ocyane Hamon, Gauthier Gunter , Hichem Mezemate, Emma Letinaud , Maureen Doux, Hugo Hannequin, Laura Martinez, Maxence Frisson et Sophie Delcombel